

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Takashi INBE

GAU:

SERIAL NO: NEW APPLICATION

EXAMINER:

FILED: HERewith

FOR: SEMICONDUCTOR DEVICE FOR DETECTING NEUTRON

REQUEST FOR PRIORITY

COMMISSIONER FOR PATENTS  
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313

SIR:

- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number , filed , is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- ☐ Full benefit of the filing date(s) of U.S. Provisional Application(s) is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e):  
Application No. Date Filed

☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

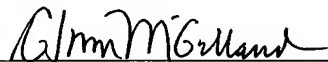
<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>MONTH/DAY/YEAR</u>
Japan	2003-061141	March 7, 2003

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. filed
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number  
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and
- ☐ (B) Application Serial No.(s)  
☐ are submitted herewith  
☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,  
MAIER & NEUSTADT, P.C.



Marvin J. Spivak

Registration No. 24,913



22850

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2003年 3月 7日

出 願 番 号

Application Number:

特願2003-061141

[ ST.10/C ]:

[ JP 2003-061141 ]

出 願 人

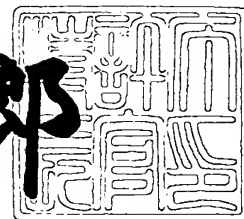
Applicant(s):

三菱電機株式会社

2003年 3月28日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田 信一郎



出証番号 出証特2003-3021670

【書類名】 特許願

【整理番号】 542690JP01

【提出日】 平成15年 3月 7日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G01T 03/00  
G01T 03/08

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社  
社内

【氏名】 印部 貴之

【特許出願人】

【識別番号】 000006013

【氏名又は名称】 三菱電機株式会社

【代理人】

【識別番号】 100089233

【弁理士】

【氏名又は名称】 吉田 茂明

【選任した代理人】

【識別番号】 100088672

【弁理士】

【氏名又は名称】 吉竹 英俊

【選任した代理人】

【識別番号】 100088845

【弁理士】

【氏名又は名称】 有田 貴弘

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 012852

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】	明細書	1
【物件名】	図面	1
【物件名】	要約書	1
【プルーフの要否】	要	

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 同一の半導体チップに、  
ホウ素の同位体<sup>10</sup>B が導入された<sup>10</sup>B 拡散層と、  
前記<sup>10</sup>B 拡散層で発生する $\alpha$ 線が入射する p n 接合と、  
前記 p n 接合に発生する電荷を解析する解析回路とを備える  
ことを特徴とする半導体装置。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の半導体装置であって、  
前記 p n 接合を形成する p 型拡散層は、前記<sup>10</sup>B 拡散層である  
ことを特徴とする半導体装置。

【請求項 3】 請求項 2 に記載の半導体装置であって、  
前記<sup>10</sup>B 拡散層は、前記半導体チップの上面近傍に形成され、  
前記<sup>10</sup>B 拡散層と共に前記 p n 接合を形成する n 型拡散層は、前記<sup>10</sup>B 拡散層  
の下に形成される  
ことを特徴とする半導体装置。

【請求項 4】 請求項 1 から請求項 3 のいずれかに記載の半導体装置であっ  
て、  
前記解析回路は、前記 p n 接合よりも前記<sup>10</sup>B 拡散層から遠くに配設されてい  
る  
ことを特徴とする半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、放射線検出のための半導体装置に関し、特に中性子検出装置に関  
するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来、放射線検出における中性子線の検出は、BF<sub>3</sub>計数管を用いた検出器や

金属薄膜の放射化を利用した検出器が使用されていた。しかし、これらの中性子検出器は、計数管の小型化が困難であるために検出器全体が大型化するという問題や、中性子場のリアルタイムの計測ができないなどの問題を有していた。

【 0 0 0 3 】

一方、半導体型の放射線検出器も知られている（例えば特許文献 1）。半導体型検出器は、分解能が高く、計数管と異なり非常に小型であるために、例えば放射線粒子の進行方向を問題にする放射線場の測定において、正確な放射線場のモニターを行うのに有効である。

【 0 0 0 4 】

【特許文献 1】

特開 2 0 0 0 - 1 4 7 1 2 9 号公報（第 5 - 6 頁、第 4 図）

【 0 0 0 5 】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、従来の半導体型の検出器は、複数の半導体装置により構成されていたため、非常にコストが高くなると共に、中性子線場の測定における擾乱が大きいという問題があった。

【 0 0 0 6 】

本発明は以上のような課題を解決するためになされたものであり、コストダウンが可能であり、且つ高精度な中性子線場の測定が可能な半導体装置を提供することを目的とする。

【 0 0 0 7 】

【課題を解決するための手段】

本発明に係る半導体装置は、同一の半導体チップに、ホウ素の同位体<sup>10</sup>Bが導入された<sup>10</sup>B拡散層と、前記<sup>10</sup>B拡散層で発生するα線が入射する p n 接合と、前記 p n 接合に発生する電荷を解析する解析回路とを備えることを特徴とする。

【 0 0 0 8 】

【発明の実施の形態】

<実施の形態 1>

中性子は電荷を有しないため、半導体素子で直接それを検出することができな

い。そのため、中性子を一旦他の物質と作用させることで、間接的に中性子の検出を行う必要がある。その手法として、中性子をホウ素の同位体 $^{10}\text{B}$ と作用させ、それにより発生する $\alpha$ 線を検出する手法が知られている。

## 【 0 0 0 9 】

図 1 は、本発明の実施の形態 1 に係る半導体装置としての中性子検出装置の構成を示す図である。シリコン基板 1（半導体チップ）に形成される各素子は、素子分離膜 2 により互いに分離されている。シリコン基板 1 には、同位体 $^{10}\text{B}$ （天然に存在するホウ素中に約 20% 含有される）を含むホウ素が導入された $^{10}\text{B}$ 拡散層 10 を有する中性子検出部、p ウェル 11 と n ウェル 12 とにより形成される p n 接合 13 を有する $\alpha$ 線検出部、並びに、ゲート電極 14 およびソース・ドレイン領域 15 から成る MOS トランジスタ等により構成される解析回路部が、同一チップ上に形成されている。

## 【 0 0 1 0 】

中性子検出部の $^{10}\text{B}$ 拡散層 10 は、シリコン基板 1 に $^{10}\text{B}$ を含むホウ素をイオン注入して形成される。p ウェル 11 および n ウェル 12 も、所定のドーパントをシリコン基板 1 に導入することにより形成される。即ち、中性子検出部並びに $\alpha$ 線検出部は、通常の半導体プロセスにより形成可能である。

## 【 0 0 1 1 】

また、解析回路部の具体的構成は解析の目的により様々なケースが考えられるが、例えば、微小信号を増幅する増幅回路、特定の波高のパルスのみを選択するシングルチャネル波高分析回路、2 系統のパルス間の時間的一致を調べる同時計数回路、パルスの数を数えるスケーラ回路、パルスの波高の頻度分布を自動的に解析する多重波高分析回路など、いくつかの基本回路を適宜組み合わせることにより構成される。

## 【 0 0 1 2 】

この中性子検出装置の動作を説明する。 $^{10}\text{B}$ 拡散層 10 に入射した中性子は $^{10}\text{B}$ と反応し、 $^{10}\text{B}(\text{n}, \alpha)^7\text{Li}$ 反応によって $\alpha$ 線を放出する。中性子検出部から放出された $\alpha$ 線は、中性子検出部の近傍に形成された $\alpha$ 線検出部に突入し、p n 接合 13 の空乏層中で電子-正孔対 16 を発生させる。解析回路部は、電子

－正孔対 1 6 の電荷を収集して p n 接合 1 3 を流れる電流を検出することで、 $\alpha$  線の検出を行う。さらに解析回路部では、収集した電子－正孔対 1 6 の電荷量の脈動（p n 接合 1 3 を流れる電流の脈動）による微小信号を増幅し、当該信号に対し、例えばパルス数を計数したり、波高分布から  $\alpha$  線のエネルギースペクトルを求めたりする解析が行われる。そして、その解析結果に基づいて、中性子検出部に入射した中性子量が特定される。

#### 【 0 0 1 3 】

このように、電子－正孔対 1 6 の電荷を解析回路部で即座に解析することによって、照射された中性子量を瞬時に（リアルタイムに）モニターすることができる。また、中性子検出部、 $\alpha$  線検出部、解析回路部が 1 チップ上に形成されているため、中性子検出システム全体を非常に小型化できる。また、中性子入射に起因する  $\alpha$  線の発生領域（ $^{10}\text{B}$  拡散層 1 0）とその検出部（p n 接合 1 3）との距離が短くなるため、 $\alpha$  線の検出効率および検出精度を向上し、中性子線場の測定における擾乱が抑制され、高精度な中性子線場の測定が可能である。また、必要なチップ数が削減されるのでコスト削減にも寄与できる。

#### 【 0 0 1 4 】

##### <実施の形態 2>

図 2 は、実施の形態 2 に係る半導体装置としての中性子検出装置の構成を示す図である。この図において、図 1 と同一の要素に対しては同一符号を付してあるので、ここでのそれらの詳細な説明は省略する。図 2 に示すように、同じ素子領域に  $^{10}\text{B}$  拡散層 1 0 と、所定の n 型ドーパント（例えば、P（リン）、As（砒素）など）が導入された n ウェル 1 2 が形成される。 $^{10}\text{B}$  拡散層 1 0 はシリコン基板 1 の上面近傍に形成され、n ウェル 1 2 は  $^{10}\text{B}$  拡散層 1 0 と同じ素子領域の下（シリコン基板 1 の深い位置）に形成される。 $^{10}\text{B}$  拡散層 1 0 は p 型の拡散層であるので、n ウェル 1 2 との間に p n 接合 1 3 が形成される。即ち、本実施の形態では、 $^{10}\text{B}$  拡散層 1 0 を有する中性子検出部と、p n 接合 1 3 を有する  $\alpha$  線検出部とは、共に同じ素子領域に組み込まれる。

#### 【 0 0 1 5 】

この中性子検出装置の動作を説明する。 $^{10}\text{B}$  拡散層 1 0（中性子検出部）に入



射した中性子は $^{10}\text{B}$ と反応し、 $^{10}\text{B}(\text{n}, \alpha)^7\text{Li}$ 反応によって $\alpha$ 線を放出する。 $^{10}\text{B}$ 拡散層10から放出された $\alpha$ 線は、その下のpn接合13 ( $\alpha$ 線検出部)の空乏層中で電子-正孔対16を発生させる。解析回路部は、電子-正孔対16の電荷を収集してpn接合13を流れる電流を検出することで、 $\alpha$ 線の検出を行う。さらに解析回路部では、実施の形態1と同様に、収集した電子-正孔対16の電荷量の脈動 (pn接合13を流れる電流の脈動) に基づく解析が行われる。そして、その解析結果に基づいて、中性子検出部に入射した中性子量が特定される。

## 【0016】

このように、電子-正孔対16の発生に伴う電荷を解析回路部で即座に解析することによって、照射された中性子量を瞬時に (リアルタイムに) モニターすることができる。また、pn接合13を形成するp型拡散層が、中性子検出部として機能する $^{10}\text{B}$ 拡散層10であるので、 $\alpha$ 線の発生部 ( $^{10}\text{B}$ 拡散層10) とその検出部 (pn接合13) との距離は最小になる。従って、 $\alpha$ 線の検出効率および検出精度が向上し、高精度な中性子線場の測定が可能である。さらに、中性子検出部と $\alpha$ 線検出部とが同一の素子領域に形成されるため、中性子検出システム全体を実施の形態1よりもさらに小型化できる。

## 【0017】

## &lt;実施の形態3&gt;

上記実施の形態1, 2に示したように、本発明に係る中性子検出装置は、1チップ上に中性子検出部、 $\alpha$ 線検出部並びに解析回路部が形成される。それにより、中性子検出部と $\alpha$ 線検出部との距離を短くでき、高精度な中性子線場の測定が可能である。しかし、中性子検出部で発生した $\alpha$ 線が解析回路部に入射する可能性も高くなる。 $\alpha$ 線が解析回路部に入射すると、解析回路部の誤動作 (ソフトウェア) を発生させる場合がある。それにより、中性子検出装置により得られる測定結果の信頼性は低下してしまう。

## 【0018】

そこで、本実施の形態においては、シリコン基板1 (半導体チップ) 上で中性子検出部と解析回路部との距離が長くなるようにレイアウトする。例えば図3の

如く、中性子検出部と解析回路部とを単一の半導体チップ 20 上で互いに対角の位置に配設する。一方、上述したように、中性子検出部と  $\alpha$  線検出部との距離が短ければ中性子線場の測定における擾乱が抑制されるので、 $\alpha$  線検出部は、図 3 において空白で示したの領域うちの何れかの、中性子検出部近傍に配置する。その結果、解析回路部は、 $\alpha$  線検出部 (pn 接合 13) よりも中性子検出部 ( $^{10}\text{B}$  拡散層 10) から遠くに配置される。

#### 【0019】

なお、中性子検出部と  $\alpha$  線検出部とは、実施の形態 2 のように同一の素子領域に組み込んでよい。その場合図 3 において、 $\alpha$  線検出部は中性子検出部と同じ領域内に配置される。

#### 【0020】

その結果、中性子検出部で発生した  $\alpha$  線の解析回路部への入射が抑制され、解析回路部の誤動作 (ソフトウェア) の発生は抑えられる。また、より中性子線量の高い中性子場における測定にも対応可能になる。それと共に、中性子検出部と  $\alpha$  線検出部との距離は短いため、 $\alpha$  線の検出効率および検出精度を向上する。よって、高精度で信頼性の高い中性子線場の測定が可能になる。

#### 【0021】

#### 【発明の効果】

以上説明したように、本発明に係る半導体装置によれば、中性子検出システム全体を非常に小型化できる。また、中性子入射に起因する  $\alpha$  線の発生領域 ( $^{10}\text{B}$  拡散層) とその検出部 (pn 接合) との距離が短くなるため、 $\alpha$  線の検出効率および検出精度を向上し、中性子線場の測定における擾乱が抑制され、高精度な中性子線場の測定が可能である。また、必要なチップ数が削減されるのでコスト削減にも寄与できる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】 実施の形態 1 に係る中性子検出装置の構成を示す図である。

【図 2】 実施の形態 2 に係る中性子検出装置の構成を示す図である。

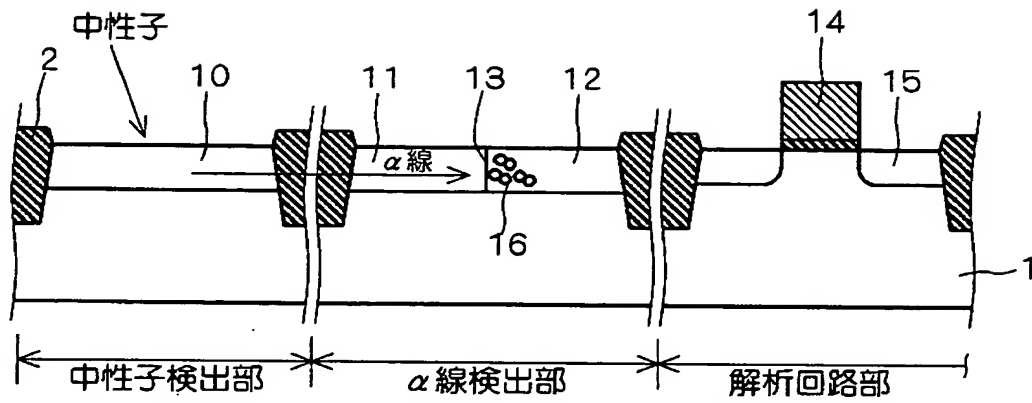
【図 3】 実施の形態 3 に係る中性子検出装置のレイアウトの一例を示す図である。

【符号の説明】

1 シリコン基板、 2 素子分離膜、 1 0  $^{10}\text{B}$  拡散層、 1 1 p ウェル、 1  
2 n ウェル、 1 3 p n 接合。

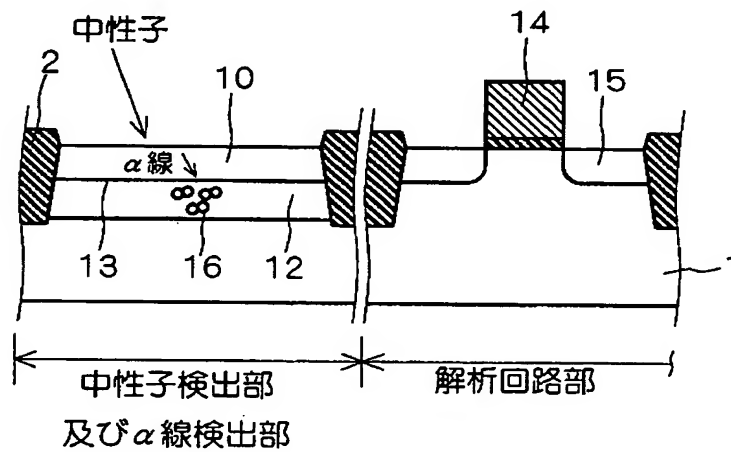
【書類名】 図面

【図 1】

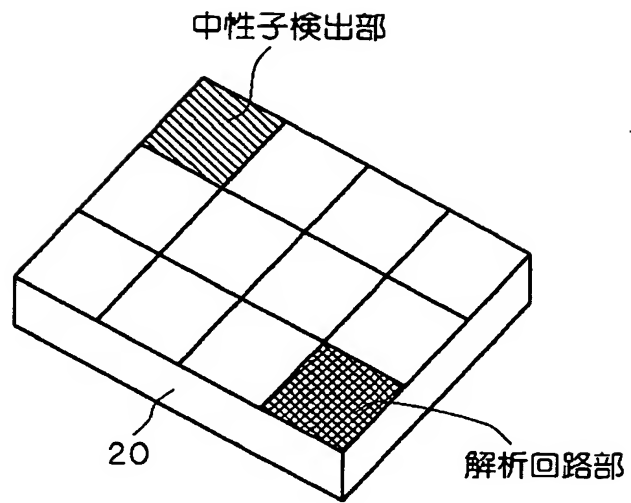


- |                          |                |
|--------------------------|----------------|
| 1 : シリコン基板               | 13 : p n 結合    |
| 2 : 素子分離膜                | 14 : ゲート電極     |
| 10 : $^{10}\text{B}$ 拡散層 | 15 : ソースドレイン領域 |
| 11 : p ウェル               | 16 : 電子-正孔対    |
| 12 : n ウェル               |                |

【図 2】



【図 3】



20 : 半導体チップ

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 半導体型の中性子検出装置において、コストダウンおよび高精度な中性子線場の測定を可能にする。

【解決手段】 シリコン基板 1 には、同位体<sup>10</sup>B を含むホウ素が導入された<sup>10</sup>B 拡散層 1 0 を有する中性子検出部、p ウェル 1 1 と n ウェル 1 2 とにより形成される p n 接合 1 3 を有する α 線検出部、並びに、p n 接合 1 3 に発生する電荷の解析を行う解析回路部が、同一チップ上に形成される。中性子の入射により<sup>10</sup>B 拡散層 1 0 で発生した α 線は、p n 接合 1 3 の空乏層で電子-正孔対 1 6 を発生し、その電荷は解析回路部に収集され、解析される。その解析結果により、p n 接合 1 3 に入射した中性子量が特定される。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000006013]

1. 変更年月日 1990年 8月24日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 東京都千代田区丸の内2丁目2番3号  
氏 名 三菱電機株式会社